

Информационный форум по Анализу Безопасности АЭС
с реакторами типа ВВЭР и РБМК
16-20 октября 2000г.
Обнинск, Россия

ОСОБЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОБЛОКА 5 ЗАЭС

Сергеев И.В.,
руководитель группы вероятностного
анализа ЗАО «ЭИС»
Украина, г.Энергодар,

e-mail: m_sergeev@enertek.zp.ua
phone: (06139) 38919
fax: (06139) 17551

*Доклад посвящен некоторым аспектам анализа
чувствительности вероятностной модели энергоблока
5 ЗАЭС.*

*В докладе отражены особенности моделирования
состояния «горячий останов» для течей 1 контура
внутри ГО.*

ЗАО «ЭИС»
Украина

ОСОБЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОБЛОКА 5 ЗАЭС

- **В период с 1998 по 2000г. компания «ЭИС» проводила работы по ВАБ для энергоблока 5 ЗАЭС.**
- **В ходе выполнения этих работ была создана вероятностная модель энергоблока с применением расчетного кода SAPHIRE ver.6.59.**
- **Модель включает более 6000 базовых событий объединенных в 720 деревьев отказов.**

Созданная модель получила название «базовой».

ОСОБЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГБЛОКА 5 ЗАЭС

- Разработано 14 деревьев событий, которые, согласно проведенному группированию, были разделены на 3 большие категории:
 - Течи 1 контура внутри ГО (категория LOCA)
 - Переходные процессы (категория TRANSIENTS)
 - Специальные инициаторы (категория Special Initiators)

Количественный анализ определил суммарную частоту повреждения активной зоны реактора.

Указанная величина составила $1,8E-004$ 1\год.

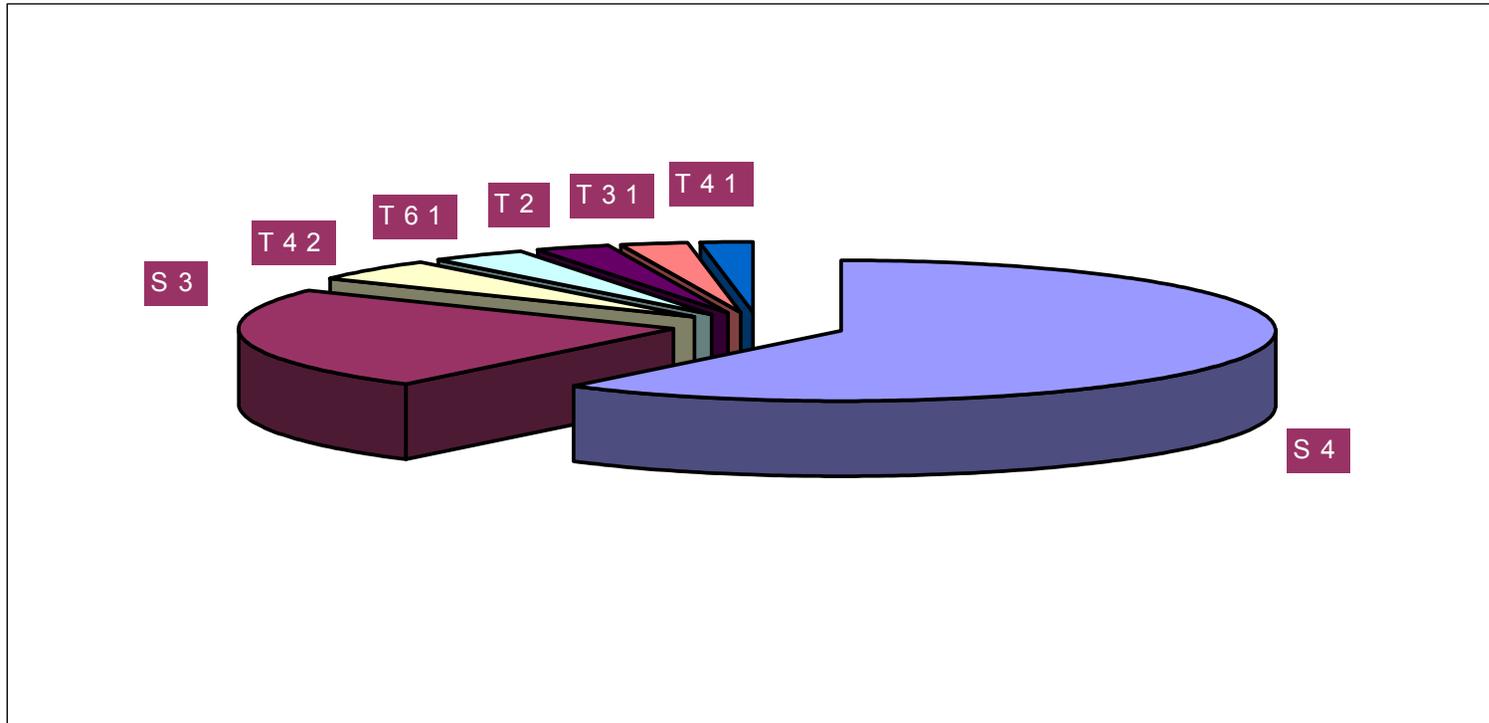


Рис. 1. Вклад ИСА в суммарную ЧПАЗ для базовой модели.
Fig.1 Summary of Contributors to the CDF for basic PSA model

S4 – Малые течи 1 контура компенсируемые системой ТК

S3 - Малые некомпенсируемые течи 1 контура

T41 – Малые течи из 1 во 2 контур

T61 – Разрыв паропровода между ПГ и БЗОК вне ГО

T2 – потеря основной \ вспомогательной питательной воды к ПГ

T31 – переходные процессы приводящие к срабатыванию АЗ

T42 – Средние течи из 1 во 2 контур

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОКАЗАЛ:

Наибольший вклад в суммарную частоту повреждения активной зоны (ЧПАЗ) вносят

- малая течь 1 контура внутри ГО, компенсируемая системой ТК (код S4)
- малая некомпенсируемая течь 1 контура внутри ГО (код S3)

Анализ вклада аварийных последовательностей показал, что на первых позициях находятся:

№ п/п	Код ИСА	АП	[%] в ЧПАЗ	
1	S4	(2)	34,57	Отказ функции долговременного отвода тепла по 1 контуру
2	S4	(3)	21,19	Отказ функции отвода тепла по 2 контуру в режиме расхолаживания
3	S3	(9)	10,67	Отказ функции отвода тепла по 2 контуру в режиме расхолаживания
4	S3	(3)	10,63	Отказ функции управления давлением первого контура

Таблица 1 Доминантные аварийные последовательности
Table 1 Dominant Sequences

Согласно требований Украинских регулирующих органов, для течей 1 контура (ЛОСА), в качестве безопасного конечного состояния было принято состояние «холодный останов».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ “ХОЛОДНОГО ОСТАНОВА ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ”:

1. **подкритичность реактора не менее 2%;**
2. **давление 1-го контура ниже напора, развиваемого аварийными насосами низкого давления;**
3. **длительный теплоотвод от активной зоны осуществляется**
 - а) либо насосами САОЗ по линии рециркуляции через прямок гермозоны (для больших и средних течей)**
 - б) либо через парогенераторы 2-м контуром с периодической подпиткой 1 контура (для малых течей 1 контура)**
 - в) либо насосами САОЗ по линии планового расхолаживания с периодической подпиткой 1 контура (для малых течей 1 контура).**

ОСОБЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГБЛОКА 5 ЗАЭС

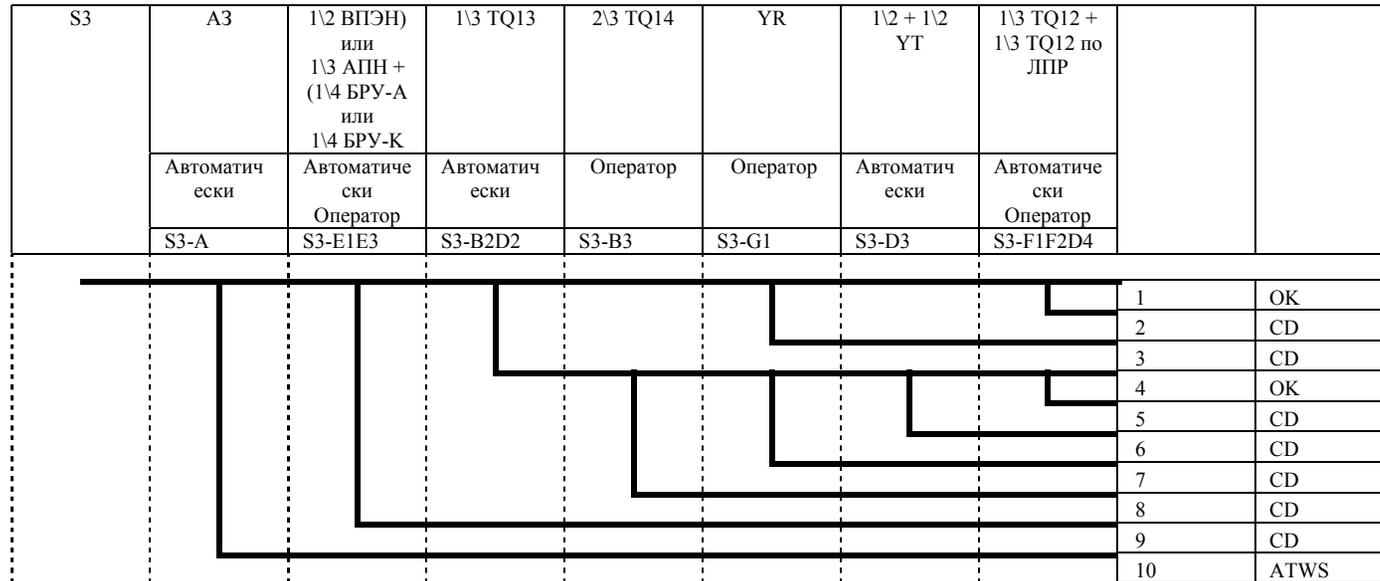


Рис. 2 ДС «Малая не компенсируемая течь 1 контура в пределах ГО» для базовой модели
 Fig 2. Event tree “Small not – compensated LOCA in containment” for basic PSA model

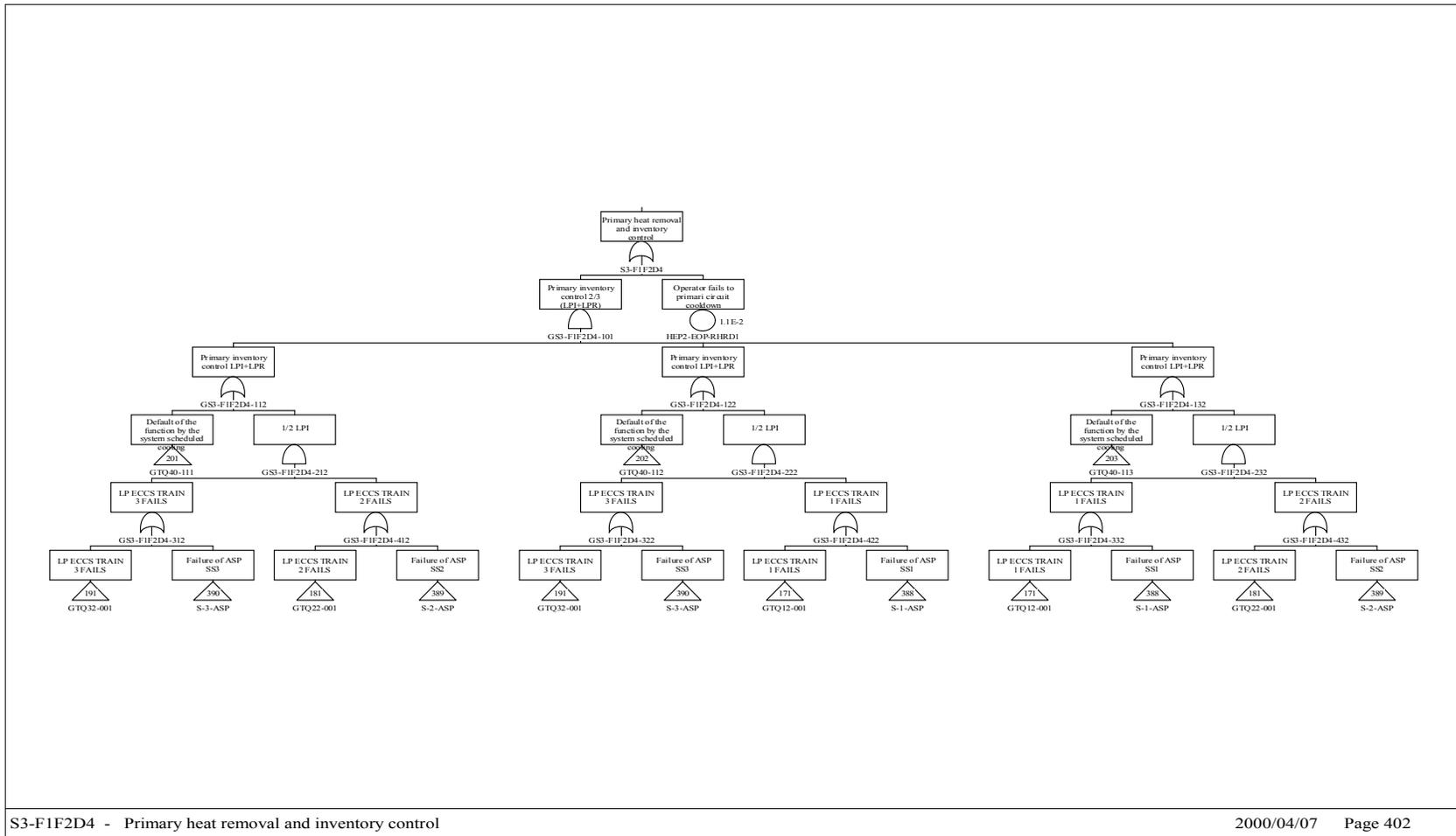


Рис. 3 Функциональное дерево отказов для функции долговременного отвода тепла и обеспечения запаса теплоносителя 1 контура

Fig3. Functional Fault Tree for function “Primary long heat removal & primary inventory control”

В РАМКАХ АНАЛИЗА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНО СЛЕДУЮЩЕЕ:

- **Принято решение об использовании в качестве безопасного конечного состояния режима “горячий останов”**
- **Изменены деревья событий (ДС) для малых течей 1 контура внутри ГО (код S3 и S4)**
- **«Базовая» модель изменена с учетом обновленных ДС**
- **Добавлены новые функциональные деревья отказов для функции поддержания давления по 2 контуру**
- **Проведен комплекс расчетов вероятностной модели с учетом обновленных ДС**
- **Получены результаты количественной оценки - суммарная частота повреждения активной зоны реактора составила $3,97E-005$, т.е. снизилась более чем в 4.5 раза.**

ОСОБЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГБЛОКА 5 ЗАЭС

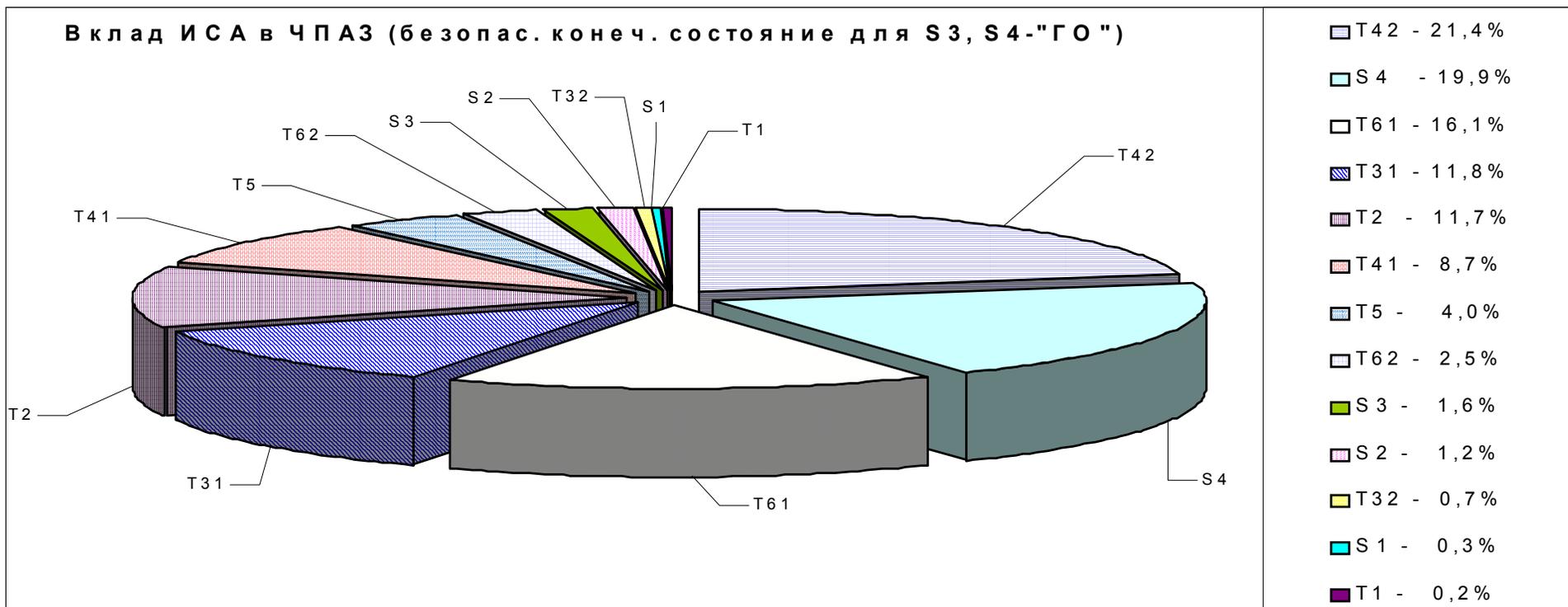
Малая некомпенсируемая течь. ДС для спец. расчетов	Управление реактивностью	Управление реактивностью. обеспечение запаса теплоносителя в 1 к	Отвод тепла по второму контуру	Отвод тепла по второму контуру	Управление реактивностью	Управление давлением 1 контура	Обеспечение запаса теплоносителя в 1 к	Обеспечение запаса теплоносителя в 1 к.	#	Конеч. Сост.
	A3	1/3 TQ13	1/2 ВПЭН) или 1/3 АПН + (1/4 БРУ-А или 1/4 БРУ-К в реж. P=const	1/2 ВПЭН) или 1/3 АПН + (1/4 БРУ-А или 1/4 БРУ-К в реж. Расхолаж.	2/3 TQ14	YR	1/2 + 1/2 YT	1/3 TQ12		
	Автоматически	Автоматически	Автоматически Оператор	Автоматически Оператор	Оператор	Оператор	Автоматически	Автоматически Оператор		
S3-HSD	S3-A	S3-B2D2	S3-E1E2	S3-E1E3	S3-B3	S3-G1	S3-D3	S3-D4		

1	OK
2	CD
3	OK
4	CD
5	CD
6	CD
7	CD
8	CD
9	ATWS

Рис. 4. Измененное ДС «Малая некомпенсируемая течь 1 контура в пределах ГО»

Fig 4. Event tree “Small not – compensated LOCA in containment” for updated PSA model

ОСОБЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГБЛОКА 5 ЗАЭС



**Рис. 5. Вклад ИСА в суммарную ЧПАЗ для измененной модели.
Fig.5 Summary of Contributors to the CDF for updated PSA model**

S4 – Малые течи 1 контура компенсируемые системой ТК
S3 - Малые некомпенсируемые течи 1 контура
T41 – Малые течи из 1 во 2 контур
T61 – Разрыв паропровода между ПГ и БЗОК вне ГО

T2 – потеря основной \ вспомогательной питательной воды к ПГ
T31 – переходные процессы приводящие к срабатыванию АЗ
T42 – Средние течи из 1 во 2 контур
T5 – разрыв паропровода \ трубопровода пит. Воды внутри ГО

ВЫВОДЫ ПО ПРОВЕДЕННОМУ АНАЛИЗУ:

- **Существенное снижение суммарной частоты повреждения активной зоны можно достигнуть пересмотром существующей эксплуатационной документации в части безопасного конечного состояния**
- **Для этого не требуется реконструкция оборудования ЗАЭС**
- **Опыт ранее выполняемых ВАБ показывает, что для течей 1 контура внутри ГО применялось состояние «горячий останов». Это подтверждается работами Scientech Inc и NUC для АЭС «Темелин», Чехия и ряда АЭС США.**